

环境因素对秉氏环毛蚓 (*Pheretima pingi*) 繁殖的影响

于智勇¹, 魏万红², 薛庆於¹, 王 君¹

(1. 扬州教育学院生物系, 江苏 扬州 225002)
(2. 扬州大学生物科学与技术学院, 江苏 扬州 225009)

[摘要] 以秉氏环毛蚓 (*Pheretima pingi*) 为实验动物, 通过比较秉氏环毛蚓在不同的密度、含水量、温度及酸碱度梯度下的生长发育和繁殖状况, 分析蚯蚓繁殖所需的最佳条件, 探讨蚯蚓人工养殖的最优方法. 结果表明: 蚯蚓生长发育和繁殖的最适宜条件是饲养密度为 106 条 /m²、温度为 24 ℃、土壤含水量为 20.00% 和 pH 值为 6.6. 因此, 蚯蚓的人工养殖需要提供合适的生长密度、温度、湿度和酸碱度.

[关键词] 秉氏环毛蚓, 繁殖, 密度, 温度, 含水量, 酸碱度

[中图分类号] Q958.11 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2007)03-0107-05

Effect of Environment Factors on the Reproduction of *Pheretima pingi*

Yu Zhiyong¹, Wei Wanhong², Xue Qingyu¹, Wang Jun¹

(1. Department of Biology, Yangzhou College of Education, Yangzhou 225002, China)
(2. College of Bioscience and Biotechnology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: To explore the optimum reproductive condition and artificial breeding method for earthworm, *Pheretima pingi* was set as the experimental animal, and the comparison of the growth, development and breed status for them under different density, humidity, temperature and acidity or alkalinity gradients was performed in the present study. The results indicated that the condition of 106/m² of the raising density, 20.00% of the soil moisture content, pH 6.6, and 24 ℃ was suitable for earthworm's growth and reproduction.

Key words: *Pheretima pingi*, reproduction, density, temperature, humidity, acidity or alkalinity

0 引言

全世界约有蚯蚓 2700 多种, 普遍存在于地球上除了冰川、沙漠、南北极等极端环境外的各种生态环境中, 是土壤中最常见的杂食性动物, 具有广泛的用途^[1]. 蚯蚓在土壤生态系统中具有极其重要的作用, 是土壤可持续利用的关键物种, 可用于评价土壤中化学污染物的生态毒性, 是检测土壤环境的靶标生物^[2]. 同时, 蚯蚓可用于处理生活垃圾、城市污泥、造纸厂污泥等各种废弃物, 是处理“三废”的“廉价劳动力”^[3]. 许多研究表明, 蚯蚓可作为动物蛋白饲料、保健食品和化妆品, 其提取药物 (蚯蚓纤溶酶、蚓激酶、抗菌肽等) 在临床上用于肿瘤、心脑血管等疾病的治疗, 具有很高的药用价值和商业价值^[4-8].

蚯蚓食性较广杂, 对腐烂有机质均可利用, 对环境有较强的适应能力, 其饲养成本低廉, 繁殖率高, 加上其较高的商业价值, 因此蚯蚓养殖业具有良好的发展前景. 目前, 美国、日本、新西兰、加拿大、印度、缅甸、菲律宾等国家相继开始了蚯蚓的人工养殖, 并逐步形成蚯蚓养殖的工厂化和商业化^[9, 10]. 在国内, 蚯蚓的人工养殖业也有较快发展, 但目前所采用的养殖方法过于粗放简单, 没有充分考虑到饲养密度、土壤含

收稿日期: 2006-09-28. 修回日期: 2006-10-31.
基金项目: 扬州教育学院科研项目 (KY2006001).
作者简介: 于智勇 (1963—), 副教授, 主要从事动物生物学的教学与研究. E-mail: jszyzy@yahoo.com.cn

水量、温度、酸碱度等环境因素对蚯蚓生长发育和繁殖的影响,不利于繁殖产量的提高和大范围的推广。

秉氏环毛蚓俗称“土地龙”,属于环节动物门 (Annelida)、寡毛纲 (Oligochaeta)、后孔寡毛目 (Opisthopora)、巨蚓科 (Megascolecidae)、环毛蚓属 (Pheretima)^[11]。在江苏省分布比较广泛,主要生活于较潮湿的泥土中,体长 150 ~ 340 mm,宽 6 ~ 12 mm。背部深褐色或紫褐色,环带占 3 节,无刚毛,雌雄同体,互相交配以交换精子。受精孔 4 对或 3 对,在 5 ~ 9 节的各节间。受精囊的盲管较受精囊本体稍短,内端有一枣形的纳精囊。受精卵在蚓茧内发育成小蚯蚓后出茧生活,其再生能力很强,易饲养,具有很高的药用价值^[12]。

鉴于此,本研究以秉氏环毛蚓 (*Pheretima pingii*) 为实验动物,通过比较不同的饲养密度、土壤含水量、温度以及酸碱度条件下秉氏环毛蚓的生长发育和繁殖成功之间的差异,分析蚯蚓繁殖所需的最佳条件,探讨蚯蚓人工养殖的最优方法。

1 材料

1.1 实验动物

本研究采用秉氏环毛蚓作为实验动物,选取成体伸展长度约为 150 mm、体形健壮、活力较强、具明显生殖带痕的个体作为实验样本。

1.2 实验用品与仪器

纯净水 (经测 pH 为 6.6),蒸馏水,NaOH 溶液 (0.1 mol/L),NaHCO₃ 溶液 (0.2 mol/L),盐酸溶液 (0.1 mol/L),土壤 (扬州地区常见沙土,经测 pH 为 6.5),长方形无盖有底饲养盒 (长 21.5 cm、宽 15 cm、高 5.5 cm),水族箱、加热棒等。

2 方法

2.1 饲养条件

影响蚯蚓生长发育和繁殖的因素较多,其中最主要的是种群密度、土壤含水量、温度、酸碱度等因素。本研究主要从这 4 个方面分析蚯蚓生长发育和繁殖的最优条件。

2.1.1 不同密度条件的设置

在 0.25 × 0.15 m 的长方形饲养盒中装满新挖的土壤,分别放养 2, 4, 8, 16, 32 条蚯蚓,设置 ABCDE 5 个饲养密度 (分别为 53 条 /m²、106 条 /m²、212 条 /m²、424 条 /m²、848 条 /m²),每个梯度分别有 5 个样本,其空间位置按表 1 所示排列。饲养盒上面用一层纱布蒙上,并用铁丝将各个饲养盒间隔开,以防蚯蚓夜间逃跑或盒间相互迁移;每天喷水于纱布上,避免饲养盒内土壤因水分的蒸发而干燥。

表 1 饲养盒的放置

Table 1 Location of raising box				
A1	E1	D3	C4	B5
B1	A2	E2	D4	C5
C1	B2	A3	E3	D5
D1	C2	B3	A4	E4
E1	D2	C3	B4	A5

2.1.2 不同土壤含水量的设置

将土壤装在布袋内,烘箱内于 56 条件下烘干 48 h,取出后立刻进行分装,每个饲养盒加入 1 000 g 的土壤,然后分别在饲养盒中加入 100 mL、150 mL、200 mL、250 mL、300 mL 纯净水,设置 5 个含水梯度 (9.09%、13.04%、16.67%、20.00%、23.08%),每个饲养盒内放养 6 条蚯蚓,每个梯度设置 5 个样本。将各个梯度样本分开放置,饲养盒上面用纱布蒙上后再用铁丝隔开。

2.1.3 不同温度条件的设置

利用水浴调节土壤温度,设置 4 个温度梯度。具体方法是在水族箱内放入适量水,用砖块和木板搭建支架,保证饲养盒放入水族箱时牢固稳定,盒身大部分浸入水中。每个水族箱内放置两根加热棒,温度分别设置为 20、24、28、32。每个梯度设置 5 个样本,每个饲养盒装满新挖的土壤,放养 6 条蚯蚓。其放置与隔开方法与湿度实验相同。

2.1.4 不同酸碱度条件的设置

以 0.1 mol/L 盐酸溶液与 0.1 mol/L NaOH 溶液作为酸碱滴定液,以 0.2 mol/L NaHCO_3 溶液作为缓冲液,配制 pH 值为 5.6、6.6、7.6、8.6、9.6 的 5 个 pH 梯度溶液.将土壤烘干后分装到各个饲养盒中,用量筒分别量取相应的 pH 梯度溶液 200 mL,分别加入到相应的饲养盒中,每个梯度分别设置 5 个样本,每个饲养盒放养 6 条蚯蚓,其放置与隔开方法与密度实验相同.

2.2 日常管理

2.2.1 喂养

将煮熟米饭熬至米糊,自然风干,与少量土壤混匀,作为蚯蚓的食料.用竹筷轻轻扒开土壤,取一汤匙米糊和土壤的混合物倒入其中,再将小坑填上,每周喂养 1 次.

2.2.2 管理

每天上、下午各用喷壶喷少许水于纱布上,减少水分蒸发,保持盒内土壤湿度,根据随天气气温变化可适当增减喷洒量,但每次在各个饲养盒上喷水量都是相等的.间隔 2~3 d 揭开纱布,保证其通气,并观察记录盒内蚯蚓及土壤状况.

2.3 统计分析

将各饲养盒土壤全部倒出来,用镊子仔细检查和分拣,统计每个饲养盒内蚯蚓成体数量、重量、幼体数量及卵的数量.计算每个饲养盒中成体存活率、生长发育速度、平均每个成体所产生的后代数及产卵数.利用单因素方差 (One - Way ANOVA) 检验不同饲养密度条件幼体的发育速度、成体发育速度及每个成体所生产的后代数之间的差异;检验不同土壤含水量、温度、酸碱度条件下成体的存活率、日增重量以及每个成体所生产的后代数量、产卵数之间的差异.所有的统计分析都在大型统计软件 SPSS for Windows 10.0 和 Microsoft Excel 中进行,文中数值均以 $\text{mean} \pm \text{SE}$ 表示,以 $P < 0.05$ 作为差异显著的标准.

3 结果与分析

3.1 密度

经过 60 d 饲养,5 个饲养密度内的每个幼体重量、每个成体后代数及成体日增加量见表 2.单因素方差检验表明:每个成体后代数量在不同的饲养密度间具有极显著的差异 ($df = 4$, $F = 11.510$, $p < 0.001$,其中饲养密度为 106 条 / m^2 组的成体后代数量显著高于其他各组成体的后代数量.成体体重日增加量在不同的密度间无显著的差异 ($df = 4$, $F = 2.235$, $p = 0.102$).

表 2 密度对秉氏环毛蚓繁殖影响的结果

Table 2 Effect of the growth density on the reproduction of *Pheretima pingi*

饲养密度 / (条 / m^2)	每个幼体重量 / mg	每个成体后代数 / 条	成体日增加量 / mg
848	$5.90 \pm 0.61^* \text{a}$	$3.24 \pm 1.03^{\text{a}}$	$2.05 \pm 0.35^{\text{a}}$
424	$5.70 \pm 0.47^{\text{a}}$	$4.10 \pm 0.45^{\text{a}}$	$0.95 \pm 0.14^{\text{a}}$
212	$6.16 \pm 0.58^{\text{a}}$	$6.99 \pm 1.24^{\text{a}}$	$1.33 \pm 0.45^{\text{a}}$
106	$6.50 \pm 0.56^{\text{a}}$	$14.7 \pm 2.32^{\text{b}}$	$1.69 \pm 0.17^{\text{a}}$
53	$5.78 \pm 0.34^{\text{a}}$	$3.78 \pm 0.46^{\text{a}}$	$1.43 \pm 0.03^{\text{a}}$

* 同一列中,具有相同上标表示差异不显著 ($p > 0.05$);不同上标表示差异显著 ($p < 0.05$)

3.2 土壤含水量

经过 45 d 饲养,5 个湿度梯度内的成体存活率、每个成体后代数、卵数及成体日增加量见表 3.单因素方差检验表明:不同湿度条件下成体存活率、每个成体后代卵数之间无显著性差异 ($df = 4$, $F = 0.156$, $p = 0.958$; $df = 4$, $F = 0.613$, $p = 0.658$),但成体的后代数有显著性差异 ($df = 4$, $F = 2.832$, $p = 0.042$),含水量为 20.00% 组的成体后代数和成体体重的日增加量均显著高于含水量为 9.09% 和 13.04% 组的成体后代数和体重日增加量 ($p < 0.05$).

表 3 含水量对秉氏环毛蚓繁殖影响的结果

Table 3 Effect of the humidity on the reproduction of Pheretima pingi

饲养盒内含水量 / %	成体存活率 / %	每个成体后代数 / 条	每个成体后代卵数 / 个	成体日增加量 / mg
9.09	33.3 ±17.48 ^{*a}	1.90 ±0.71 ^a	1.83 ±0.82 ^a	1.41 ±0.13 ^a
13.04	26.6 ±18.71 ^a	2.63 ±0.52 ^a	1.77 ±0.42 ^a	1.40 ±0.06 ^a
16.67	46.6 ±26.03 ^a	7.13 ±2.41 ^{ab}	2.53 ±0.67 ^a	1.76 ±0.04 ^{ab}
20.00	36.6 ±16.91 ^a	9.53 ±0.80 ^b	3.33 ±1.04 ^a	1.99 ±0.26 ^b
23.08	30.0 ±16.16 ^a	7.43 ±3.47 ^{ab}	2.87 ±1.15 ^a	1.76 ±0.03 ^{ab}

3.3 温度

经过 45 d 饲养,4 个温度梯度内的成体存活率、每个成体后代数、卵数及成体日增加量见表 4。在温度为 32 的条件下,蚯蚓全部死亡,因此在统计分析时只分析了其他 3 组,单因素方差检验表明:不同温度条件下成体存活率、每个成体的后代卵数之间无显著性差异 ($df=2, F=1.258, p=0.319$; $df=2, F=2.892, p=0.102$). 但成体的后代数有显著性差异 ($df=3, F=6.832, p=0.001$), 24 条件下成体后代数显著高于 20, 极显著高于 28, 并且 20 条件下成体后代数也显著高于 28; 成体体重日增加量之间也有显著差异 ($df=2, F=5.103, p=0.025$), 24 时成体体重日增加量显著高于 20 和 28。

表 4 温度对秉氏环毛蚓繁殖影响的结果

Table 4 Effect of the temperature on the reproduction of Pheretima pingi

温度 /	成体存活率 / %	每个成体后代数 / 条	每个成体后代卵数 / 个	成体日增加量 / mg
20	25.0 ±14.43 ^{*a}	0.83 ±0.12 ^a	1.33 ±0.34 ^a	1.20 ±0.27 ^a
24	33.3 ±15.21 ^a	1.29 ±0.14 ^b	1.29 ±0.52 ^a	2.04 ±0.17 ^b
28	3.33 ±3.33 ^a	0.37 ±0.12 ^c	0.37 ±0.06 ^a	1.33 ±0.12 ^a
32	0	0	0	0

3.4 酸碱度

经过 45 d 的饲养,5 个酸碱度梯度内的成体存活率、每个成体后代数、卵数及成体日增加量见表 5。

表 5 酸碱度对秉氏环毛蚓繁殖影响的结果

Table 5 Effect of the acidity or alkalinity on the reproduction of Pheretima pingi

pH 值	成体存活率 / %	每个成体后代数 / 条	每个成体后代卵数 / 个	成体日增加量 / mg
5.6	22.2 ±5.56 ^{*a}	0.44 ±0.24 ^a	0.44 ±0.22 ^a	1.11 ±0.17 ^a
6.6	80.0 ±13.33 ^b	0.50 ±0.19 ^a	1.20 ±0.13 ^b	2.04 ±0.10 ^b
7.6	23.3 ±12.47 ^a	0.37 ±0.16 ^a	0.70 ±0.14 ^{ab}	1.81 ±0.21 ^b
8.6	23.3 ±14.53 ^a	0.37 ±0.09 ^a	0.47 ±0.17 ^a	1.01 ±0.05 ^a
9.6	30.0 ±13.33 ^a	0.30 ±0.13 ^a	0.60 ±0.31 ^a	0.97 ±0.25 ^a

单因素方差检验表明:不同酸碱度条件下每个成体后代数之间无显著性差异 ($df=4, F=0.518, p=0.529$). 不同酸碱度条件下成体存活率、成体体重日增加量之间具有极显著的差异 ($df=4, F=4.601, p=0.008$; $df=4, F=13.956, p<0.001$), 其中 pH 6.6 条件下成体存活率显著高于其他 4 组 ($p<0.01$), 但其他 4 组间无差异 ($p>0.05$); pH 6.6、7.6 条件下的成体体重日增加量极显著高于其它 3 组 ($p<0.01$); 每个成体后代卵数之间也具有显著差异 ($df=4, F=3.211, p=0.034$), pH 6.6 的每个成体后代卵数显著高于 pH 为 5.6、8.6、9.6 ($p<0.05$).

4 讨论

4.1 饲养密度对秉氏环毛蚓繁殖的影响

饲养密度对蚯蚓繁殖有着较大影响,蚯蚓虽然是雌雄同体,但却是异体受精,因此密度过低会导致蚯蚓间配偶过少,不利于蚯蚓繁殖. 但密度过高时会导致营养短缺,繁殖时相互干扰,容易造成饵料环境的缺氧和自体污染,使产量降低^[13]. 孔凡真 (1998) 和刘孝华 (2005) 都认为蚯蚓的人工养殖应控制合理的饲养密度,密度过低时会影响产量^[14,15]. 在本实验中,密度为 106 条 / m² 时,繁殖效果最佳,而密度为 848 条 / m² 的饲养盒中繁殖产量较低. 由此可见,饲养密度过高,虽然使绝对生物量可能相对增加,但实际蚓体的净重量反而降低,并且造成投种量过大,因此从经济核算来看是不可取的,应该合理的降低饲养密度.

4.2 土壤含水量对秉氏环毛蚓繁殖的影响

由于蚯蚓身体的 79% ~ 88% 是水分,所以水分是影响蚯蚓生活的重要因素。当外界水分不足,蚯蚓的呼吸和新陈代谢就会发生困难。据测定在损失 45% ~ 61% 水分的情况下,蚯蚓体积缩小,变成干硬状态。但在水分过多的情况下,如淹水时,也会影响蚯蚓的正常生活^[5]。因此土壤含水量会影响蚯蚓的繁殖活动,含水量过高或者过低会导致蚯蚓因逆境而逃跑或死亡^[16, 17]。本实验中,土壤含水量为 20.00% 时繁殖最佳,其次为 16.67% 时,而其它 3 个梯度相对较差。由此可见,蚯蚓更趋向于生活于偏潮湿的土壤中。

4.3 温度对秉氏环毛蚓繁殖的影响

蚯蚓为变温动物,环境温度会直接影响蚯蚓的生长发育、繁殖和蚓茧的孵化。一般温度愈高,体内的新陈代谢愈强烈,因此生长速度也随之加快。但是超过一定限度的高温便能危害蚯蚓的生存^[5]。在气温达到 15 时开始繁殖,并且随着温度的升高蚓茧的数量增加^[16]。但超过一定温度,蚓茧产量又可能下降。本实验中,温度为 24 时,成体的生长发育速度、生产的后代数和卵数都显著的高于其它几个梯度,但当温度达到 32,蚯蚓全部死亡。由此可见,32 可能是秉氏环毛蚓生长的温度上限。

4.4 土壤酸碱度对秉氏环毛蚓繁殖的影响

土壤对蚯蚓的繁殖有重要影响。蚯蚓一般生活在 pH 值 6.5 ~ 7.5 的土壤中,对土壤溶液的酸碱度反应敏感,当 pH 值偏高、偏低时,易引起蚓体干结、脱水枯萎、体色变黑、感觉迟钝等病症,影响其发育与繁殖。本实验中,pH 为 6.6 时的繁殖效果最好。由此可见,人工养殖时需对土壤酸碱度进行检测,保持其偏酸的环境可增加繁殖量。

总的看来,人工养殖蚯蚓时,应充分考虑饲养密度、土壤含水量、温度以及酸碱度条件下对其繁殖活动的影响,建立最适宜于蚯蚓的生长发育和繁殖的环境条件。

[参考文献]

- [1] 邱江平. 蚯蚓及其在生态环境保护上的应用 II 蚯蚓生态毒理学 [J]. 上海农学院学报, 1999, 17 (4): 301-308
- [2] 曾宪顺. 蚯蚓养殖技术 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2002: 1-60
- [3] 吴敏, 杨健. 蚯蚓生态床处理剩余污泥 [J]. 中国给水排水, 2003, 19 (5): 59-60
- [4] 陈德牛, 张国庆. 蚯蚓养殖技术 [M]. 北京: 金盾出版社, 2000
- [5] 黄福珍. 蚯蚓 [M]. 北京: 农业出版社, 1982: 1-226
- [6] 邱江平. 蚯蚓与环境保护 [J]. 贵州科学, 2000, 18 (1/2): 116-133
- [7] 王萍. 利用蚯蚓处理生活垃圾的生态系统 [J]. 国外科技动态, 1997, 8: 44
- [8] 邱江平. 蚯蚓及其在生态环境保护上的应用 I 蚯蚓及其在自然生态系统中的作用 [J]. 上海农学院学报, 1999, 17 (3): 227-232
- [9] Edwards C A, Bate J E. The use of earthworms in environmental management [J]. Soil Biol Biochem, 1992, 24 (12): 1683-1689.
- [10] Kristufek V, Pizl V, Ravasz K. Epifluorescent microscopy of earthworms' intestinal bacteria [J]. Acta Microbiol Immunol Hung, 1995, 42 (1): 39-44.
- [11] 陈义. 中国蚯蚓 [M]. 北京: 科学出版社, 1956: 3-7, 45-48
- [12] 中国药用动物志协作组. 中国药用动物志 [M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1979: 29
- [13] 上海科技情报研究所. 蚯蚓的利用与养殖 [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1985: 37
- [14] 孔凡真. 蚯蚓的养殖技术 [J]. 农村经济与科技, 1999, 10 (2): 37
- [15] 刘孝华. 蚯蚓养殖的探讨 [J]. 安徽农业科学, 2005, 33 (11): 2087-2103
- [16] 钟乐芳, 玄福, 玄寿, 等. 蚯蚓快速高产养殖技术 [J]. 动物科学与动物医学, 2000, 17 (2): 67-68
- [17] Lee K E. Earthworms: Their Ecology and Relationships With Soil and Land Use [M]. Australia: Academic Press, 1985: 15-16

[责任编辑: 孙德泉]